

mations directes et indirectes beaucoup plus difficile qu'au début. C'est pourquoi il est indispensable de prendre l'œuf pour point de départ, quand on veut suivre exactement la marche du développement.

Nous pouvons donc résumer cette étude par les conclusions suivantes qui s'appliquent d'ailleurs à l'ensemble des plantes vasculaires.

1° La Tige naît directement de l'œuf et produit les Racines et les Feuilles, par l'intermédiaire de cellules initiales spécialement différenciées.

2° Les Racines et les Feuilles ont une structure propre, à laquelle se montre subordonnée la structure de la Tige.

Il est donné lecture de la communication qui suit :

## L'appétence chimique des plantes et leur répartition topographique,

PAR MM. LE D<sup>r</sup> X. GILLOT ET E. CHATEAU.

La prépondérance qu'il faut attribuer à la composition chimique du sol sur la distribution géographique des végétaux n'est plus à démontrer. Il importe cependant d'en préciser le mode d'action et d'en expliquer les anomalies. Nous croyons y avoir quelque peu contribué en interprétant la présence de certains groupements d'espèces végétales en dehors de leurs stations, ou de leurs habitats ordinaires, constituant des « contrastes végétaux » ou « colonies hétérotopiques »<sup>1</sup>, auxquelles il faut ajouter les « colonies hétérocœniques »<sup>2</sup>, dans lesquelles des plantes d'appétence édaphique différente croissent en société, et, pour ainsi dire, pêle-mêle.

Le sol étant le grand réservoir dans lequel les végétaux

1. D<sup>r</sup> X. GILLOT, Influence de la composition minéralogique des roches, sur la végétation : Colonies végétales hétérotopiques (*Bull. Soc. bot. France*, XLI (1894), sess. extraord. en Suisse, p. XVI, et *Feuille des jeunes naturalistes*, 2<sup>e</sup> série, 25<sup>e</sup> année, mai-juin 1895).

2. D<sup>r</sup> A. MAGNIN, Influence de la composition du sol sur la végétation (*Bull. Soc. ém. du Doubs*, 7<sup>e</sup> série, V (1900), p. X). Rapports du sol et de la flore. L'édaphisme chimique (*Ann. hist. nat. Doubs*, 1903).

puisent les éléments nécessaires à leur croissance et à leur développement, chacun d'eux sait en extraire les substances chimiques qui lui conviennent, sous une forme appropriée à leur assimilation et réglée par les forces physico-chimiques qui président aux phénomènes vitaux des plantes. Nous sommes encore assez mal fixés sur l'importance relative de certains éléments basiques, potasse, soude, magnésie, etc. Mais les études géo-botaniques, d'accord avec les données agronomiques, ont depuis longtemps mis en évidence la prééminence de l'élément calcaire; et la grande division des plantes en *calcicoles* et *calcifuges*, aussi bien pour les Phanérogames, que pour les Cryptogames, Mousses et Lichens, chez lesquels elle paraît si bien démontrée, sans être d'une rigueur absolue, semble avoir reçu une nouvelle confirmation des observations récentes, entre autres de quelques faits constatés par nous avec une précision de détails, dont l'exposé nous paraît offrir quelque intérêt, ne fut-ce qu'au point de vue documentaire, et répondre à la demande d'enquête sur ce sujet réclamée par M. le D<sup>r</sup> MAGNIN, de Besançon, l'un des botanistes français qui se sont occupés de la question avec le plus de compétence<sup>1</sup>.

La chaux ne peut être absorbée et assimilée par la plante qu'à l'état de solution; et, pendant longtemps, c'est à l'acide carbonique de l'air et des eaux pluviales qu'on a attribué la décomposition de la chaux et sa dissolution à l'état de bicarbonate<sup>2</sup>. Le fer, en forte proportion dans les sols calcaires, est un puissant agent de décalcification en s'oxydant et se décomposant à l'état de sesquioxyde au contact des bases alcalino-terreuses, qu'il transforme en carbonates solubles avec excès d'acide carbonique<sup>3</sup>. Mais, il semble aujourd'hui qu'il faille attribuer la plus

1. *Archives de la flore jurassienne*, 5<sup>e</sup> année, nos 42-43, août-mai 1904, p. 19.

2. TH. SCHLOESSING, Sur la dissolution du carbonate de chaux par l'acide carbonique. Applications aux dissolutions du sol (*C. R. Ac. sc.*, juin et juillet 1872).

3. « Le fer et ses sels sont d'énergiques véhicules de l'oxygène de l'air, et, par son oxydation, ce métal devient un puissant décalcifiant en détruisant, comme l'alumine, les carbonates alcalino-terreux. Avec une petite quantité d'un sel de fer, en présence de matières organiques, la terre se décalcifie indéfiniment; et ces faits expliquent comment certains calcaires, très compacts, donnant de la chaux grasse par calcination, renfermant

grande part du phénomène à l'action de l'acide nitrique formé en petite quantité dans l'air ambiant sous l'influence de l'électricité atmosphérique, et en bien plus grande abondance dans le sol par l'action des microbes sur les détritiques organiques<sup>1</sup>. Cet acide nitrique se combine, à l'état naissant, avec les éléments basiques du sol; et, comme la chaux est, partout, l'élément le plus répandu, c'est donc le nitrate de chaux ainsi formé qui fournit à la plante un de ses principaux aliments par la quantité d'azote qu'il lui apporte en combinaison soluble, même dans le cas où la chaux en combinaison intime avec l'humus du sol n'est pas révélée par l'analyse calcimétrique. Et, soit dit en passant, l'agriculture a réalisé, au cours de ces années dernières, un grand progrès, en employant de préférence à d'autres engrais chimiques, nitrate de soude, sulfate d'ammoniaque, etc., le nitrate de chaux qu'on est arrivé à fabriquer en grand et à peu de frais par des procédés actuellement décrits dans toutes les Revues agronomiques.

L'attention a été depuis plus longtemps et plus particulièrement attirée sur les colonies hétérotopiques d'espèces calcicoles en terrain dit siliceux; et nous avons donné la raison de ce fait, confirmé depuis par bien d'autres observateurs, dans l'altération et la décomposition par les agents atmosphériques et les végétaux des silicates constitutifs des roches primitives, les uns, à base de potasse ou de soude et très pauvres en chaux, comme l'orthose, l'albite, etc., les autres, comme les feldspaths calcaires, oligoclase, labrador, amphibole, anorthite, apatite, etc., contenant une notable proportion de chaux que l'analyse chimique du sol ne révèle pas toujours, mais que les plantes

90 p. 100 de chaux, comme le Callovien, le Bathonien, le Bajocien, fournissent, par leur décomposition, une terre qui est un limon ferrugineux presque dépourvu de chaux, et, par conséquent, sur lequel peuvent croître des plantes calcifuges. » — A. BERNARD, Le fer en sol calcaire, dans le journal *Le champ d'expériences*, revue mensuelle des renseignements agricoles, Ansac (Charente), juin 1892. — La mesure et le rôle du calcaire dans les terres arables; conférence faite à Vivieu-le-Grand, le 21 juillet 1892 (Lyon, terres 1893), etc.

1. TH. SCHLOESSING, Étude de la nitrification dans les sols (*C. R. Ac. sc.*, juillet 1873). — TH. SCHLOESSING et A. MÜNTZ, Les ferments nitriques (*C. R. Ac. sc.*, février-novembre 1877; avril, 1878; novembre 1879, etc.).

savent trouver, décomposer et absorber par leurs racines<sup>1</sup>.

On rencontre également, dans certaines régions, extrêmement calcaires au point de vue géologique, des colonies de plantes classées par tous les phytogéographes parmi les calcifuges. Les exemples n'en sont pas rares : telle la présence du Châtaignier dans les terres rouges à argiles sidérolithiques des calcaires (Bajocien, Bathonien) du Poitou ou de l'Hérault<sup>2</sup>; telles les colonies hétérotopiques de *Pteris aquilina* signalées dans la craie ou sur les pentes du Jura<sup>3</sup>; telles les stations d'espèces calcifuges : *Malva moschata*, *Sarothamnus scoparius*, *Calluna vulgaris*, etc., que M. R. MAIRE a rencontrées en Lorraine, sur le Bajocien, qui, dit-il, contient assez de silice pour nourrir des plantes manifestement silicicoles<sup>4</sup>. Il nous paraît plus juste de dire que le terrain ne contient plus assez de chaux pour les repousser; c'est ce qui résulte des observations et expériences relatées par M. Cl. ROUX<sup>5</sup>; c'est ce qui ressort également des

1. D<sup>r</sup> X. GILLOT, *loc. cit.* On pourra consulter parmi les publications plus récentes : J.-A. CL. ROUX, *Traité historique, critique et expérimental des rapports des plantes avec le sol et de la chlorose végétale*, 1900. — D<sup>r</sup> A. MAGNIN, *Rapports du sol et de la flore. L'édaphisme chimique*, 1904, p. 26 (ext. des *Ann. hist. nat. Doubs*, 1903). — M. AUDIN, *Plantes calcicoles du Haut-Beaujolais*, (*Ann. soc. bot. Lyon*, 1898). *Observations phytostatiques sur les plantes calcicoles du Beaujolais* (*Bull. Assoc. franc. de botanique*, 1901, p. 250). *Essai sur la géographie botanique du Beaujolais*, 1903, p. 18, etc. — P. PRIVAT-DESCHANEL, *La végétation du Beaujolais et ses conditions géographiques* (*Revue scientif.*, 13 juillet 1901). *Le rôle géographique des tufs porphyriques du Beaujolais* (*Bull. soc. sc. nat. de Tarare*, VI (1901), p. 90). — VIGUIER, *Études géologiques sur le départ. de l'Aude*, p. 219). — L. DELPONT, *Influence du sol sur la végétation* (*Bull. Soc. des sc. nat. de l'Aude*, XV (1904), p. 164). — BESTEL, *Excursion géologique et botanique à Pépin, Fumay, Laifour et Deville* (*Bull. Soc. hist. nat. Ardennes*, I (1894), p. 45). — N. ALBOFF, *La flore alpine des calcaires de la Transcaucasie occidentale* (*Bull. herb. Boissier*, III (1895), p. 512), etc.

2. J. WELSCH, *Étude des terrains du Poitou dans le détroit poitevin*, etc. (*Bull. soc. géol. France*, 1903, p. 867 et suiv.).

3. A. MASCLEF, *Sur l'adaptation du *Pteris aquilina* aux sols calcaires* (*Revue gén. de Bot.* IV (1892), p. 7). — F. VALLOT et E. BUREAU, *Sur une station anormale de *Pteris aquilina** (*Revue des travaux scientif.*, XV (1895), p. 901). — D<sup>r</sup> X. GILLOT et DURAFOUR, *Répartition géographique de la Fougère, *Pteris aquilina* L., dans la vallée de la Valserine* (*Bull. Soc. des natur. de l'Ain*, 1904).

4. R. MAIRE, *Annotation à la flore de Lorraine de GODRON* (*Feuille des jeunes natur.*, 3<sup>e</sup> série, 25<sup>e</sup> année, 1<sup>er</sup> février 1895).

5. J.-A.-CL. ROUX, *Traité historique, chimique et expérimental des rapports des plantes avec le sol*, 1900, p. 139, 155, etc.

faits observés récemment par nous et dont nous avons cherché à nous rendre compte.

Les plateaux de Santenay et les bois de Chassagne (Côte-d'Or) sont situés en plein calcaire jurassique et reposent principalement sur le Bathonien, couronné, par places, par le Callovien. La flore porte, au plus haut degré, le cachet calcicole; et nous y avons rencontré, avec étonnement, quelques districts, surtout dans les clairières des taillis, occupés par la Bruyère commune, *Calluna vulgaris*, accompagnée de quelques espèces considérées comme silicicoles exclusives : *Dianthus Armeria*, *Spergula arvensis*, *Hypericum pulchrum*, *Trifolium aureum*, *Gnaphalium silvaticum*, *Veronica officinalis*, *Festuca rubra*, *Danthonia decumbens*, etc., tandis qu'à quelques pas de là, sur les pentes des collines, poussent avec vigueur des espèces caractéristiques des sols calcaires : *Thalictrum minus*, *Coronilla Emerus*, *C. minima*, *Hippocrepis comosa*, *Genista sagittalis*, *Orobus niger*, *Anthericum ramosum*, etc. La présence du *Calluna vulgaris*, espèce généralement considérée comme calcifuge exclusive, en pleine montagne calcaire, nous a rappelé les observations analogues faites, à propos de la même Bruyère, dans le Jura par M. S. AUBERT, qui, très intrigué par le mélange d'espèces à appétence chimique différente sur les mêmes points, et n'en trouvant une explication suffisante ni dans la composition chimique du sol, ni dans les conditions édapho-physiques apparentes, en est réduit à invoquer « des causes locales, résultant de facteurs biologiques, qui nous échappent par leur subtilité<sup>1</sup> ». Il nous a donc paru nécessaire de reprendre avec plus de précision l'étude de cet intéressant problème.

Nous avons prélevé en différents points, et à des profondeurs de 30 à 40 cm., des échantillons de terre qui ont été éprouvés par l'un de nous à l'aide du calcimètre Trubert, et par M. l'abbé BONNIN, professeur de sciences au Petit Séminaire d'Autun, à l'aide du calcimètre Bernard. Ces instruments, très simples et très pratiques, rendent, en pareil cas, les plus grands services, et les différentes analyses qu'ils ont fournies ont donné des résultats absolument concordants.

1. SAM. AUBERT, Sur une association d'espèces calcicoles et calcifuges (*Bull. Soc. vaudoise des sc. nat.*, 4<sup>e</sup> série, vol. XXXIX, n<sup>o</sup> 147, juin-sept., 1903, p. 369, 384).

La terre très fine, passée au tamis de 32 ou de 44 fils, constitue une argile ferrugineuse sans traces de chaux. Au tamis de 10 fils, la terre prise au point culminant des coteaux renferme seulement 0,012 p. 100 de calcaire, et sur la pente 0 p. 100. La terre ne passant pas au tamis de 10 fils est constituée par des petits graviers rouges qui ont donné, après pulvérisation, 0,22 p. 100 au calcimètre dans le premier cas et 1,16 p. 100 au minimum dans le second cas. Les graviers qui sont plus nombreux et plus gros dans la terre du deuxième échantillon, une fois pilés et réduits en poudre, ont une teneur de 84 p. 100 de calcaire. La terre prélevée au sommet de la montagne, où les sels calcaires solubles ont été depuis longtemps entraînés par les eaux ou absorbés à une grande profondeur par les racines des végétaux forestiers, sans être remplacés ou renouvelés, est donc presque entièrement décalcifiée dans toute son épaisseur. Cette décalcification est puissamment aidée par l'humus et les acides humiques qui précipitent les sels de chaux en se combinant avec celle-ci sous forme de solutions rapidement assimilables. Ces solutions, qui échappent à l'analyse calcimétrique, peuvent titrer jusqu'à 2,50 p. 100 de chaux combinée, alors que le sol en paraît totalement dépourvu. « Cette proportion assez forte de chaux, en regard de l'absence de calcaire, montre que ces sols renferment encore de l'humus à l'état normal, combiné à la chaux et non acide <sup>1</sup>. »

Sur les déclivités des coteaux, où la désagrégation des roches se continue sur leurs affleurements superficiels et se traduit par des éboulis de petits cailloux, si la chaux a complètement disparu à la surface du sol, la proportion en reste élevée à une certaine profondeur grâce au cailloutis dont l'altération progressive en fait varier la teneur de 80 à 2 p. 100. En effet, si l'on examine avec soin les menus graviers, on reconnaît qu'ils sont composés d'une couche extérieure argileuse et rouge, et d'un noyau intérieur blanchâtre, de plus en plus friable et de plus en plus réduit. Or, c'est cette partie centrale seule qui fait effervescence avec les acides et qui nous paraît être le reste de

1. E. CHUARD, La composition générale des sols des pâturages du Jura (*Bull. Soc. vaudoise des sc. naturelles*, 4<sup>e</sup> série, vol. XXXVI, n<sup>o</sup> 137, sept. 1900, procès-verbaux, p. XXXV.)

la chaux en voie de disparition dans ces graviers de l'extérieur à l'intérieur, vraisemblablement par l'action lente des acides du sol, en particulier de l'acide nitrique, comme nous l'avons dit plus haut.

Cette hypothèse est confirmée par l'examen du tapis végétal. Les plantes à caractère calcifuge ont, pour la plupart, des racines courtes et fibreuses, ne dépassant pas les couches superficielles du sol, les plus décalcifiées. Beaucoup de plantes calcicoles, au contraire, ont des racines profondes ou des rhizomes traçants, qui pénètrent dans les couches du sol plus riches en graviers calcaires ramollis. Et, si nous considérons qu'une notable proportion de ces espèces appartiennent à la famille des Papilionacées, nous sommes en droit de nous demander, si les bactéries des nodosités microbiennes de leurs racines répandues en grande quantité dans le sol, n'exercent pas une influence considérable sur l'oxydation ou la nitrification des menus débris calcaires. Il y aurait, à cet égard, d'intéressantes expériences à tenter et de délicates analyses chimiques à opérer. Nous ne pouvons que les indiquer, n'ayant ni la compétence ni l'outillage nécessaires.

D'importants travaux exécutés aux points de vue chimique et agronomique ont déjà jeté un grand jour sur ces questions<sup>1</sup>. Notre compatriote, A. BERNARD, le regretté directeur de la station agronomique départementale de Cluny, a démontré, notamment par des analyses de terres prises de 50 en 50 mètres, que leur teneur en chaux, ou indice calcimétrique, peut varier dans des proportions énormes de 0 à 20, 30, 40 p. 100 et plus, suivant les facteurs édaphiques, la pente du terrain, l'action des eaux, la composition des roches, et vraisemblablement aussi la nature du tapis végétal et du sol arable, qu'il faut bien distinguer du sous-sol géologique. Ces principes ont été appliqués avec succès en viticulture, dans le choix des cépages, qui pros-

1. A. BERNARD, Le calcaire, sa détermination et son rôle dans les terres arables, 1892. — La mesure et le rôle du calcaire dans les terres arables, 1892. — C. PABST, Agriculture moderne, 1897. — P. PARMENTIER, Traité élémentaire et pratique de botanique agricole, 1902. — J.-A. CL. ROUX, Études géologiques sur les monts lyonnais, 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> partie, 1899-1901. — Études agronomiques sur les monts lyonnais, 1901. Traité historique, pratique et expérimental des rapports des plantes avec le sol, 1900, etc.

pèrent sur certains points et se chlorosent sur d'autres points très voisins, et en apparence de formation identique.

Les observations précédentes nous paraissent fournir une explication satisfaisante des « colonies végétales hétérotopiques », où l'on aperçoit des espèces calciphiles et calcifuges croissant côte à côte. Ce contraste, au premier abord déconcertant et bien propre à faire révoquer en doute l'appétence chimique de ces plantes, n'est pas rare dans les alluvions anciennes de la Loire. Nous en avons rencontré de nombreux exemples, et l'un de nous (E. CHATEAU) a pu, sur place, se livrer à de nombreuses analyses calcimétriques tout à fait suggestives.

Entre Bourg-le-Comte et Avrilly s'étend un coteau calcaire très étroit, qui se prolonge jusqu'à la Croix Rouge, près de Chassenard (Allier). Le terrain dont il est formé est désigné sur la carte géologique sous le nom de *Calcaire à phryganes*. Il est constitué par des marnes et argiles sans fossiles, et sans cailloux, sauf quelques graviers à peine de la grosseur d'une noisette et essentiellement siliceux. Ce coteau est des plus bizarres au point de vue de la répartition de la chaux et du mélange des plantes qui y croissent en colonies hétérocœniques.

Au Bas-du-Ris, près de Bourg-le-Comte, le coteau de Montinard, planté de vignes, repose sur un sous-sol marneux assez riche en calcaire. Ce coteau n'a pas plus d'une vingtaine de mètres d'élévation au-dessus du canal qu'il surplombe immédiatement, et cependant la végétation diffère sensiblement du haut en bas.

Sur le sommet croissent : *Sinapis Cheiranthus*, *Scleranthus perennis*, *Peucedanum Oreoselinum*, *Rumex Acetosella*, *Festuca tenuifolia*, *Danthonia decumbens*, etc., espèces considérées comme calcifuges, et en effet, la proportion de chaux n'y est que de 0,9 p. 100.

Au milieu, avec les espèces calcicoles : *Potentilla verna*, *Sedum rubens*, *S. acre*, *S. reflexum*, *Centaurea Scabiosa*, *Plantago media*, *Euphorbia Cyparissias*, *Alopecurus agrestis*, le calcimètre indique 7,8 p. 100 de chaux, et tout à fait au bas, où la teneur calcimétrique atteint 16,2 p. 100, on observe : *Trifolium ochroleucum*, *Anacamptis pyramidalis*, *Orchis galeata*, etc.

Le coteau de Montinard a donc subi une décalcification dont



on peut suivre la marche par l'examen de la végétation spontanée. Le calcaire a été entraîné de haut en bas : au sommet il n'en reste plus que des traces, tandis que près du canal, dans la dépression où aboutissent les eaux pluviales, il y en a suffisamment pour favoriser le développement des espèces calciphiles exclusives. La chaux disparaît d'autant plus vite que la pente est plus rapide. En effet, près du sommet du même coteau, en un point où la pente est presque nulle, et où l'on trouve en abondance : *Dianthus prolifer*, *Companula glomerata*, *Physalis Alkekengi*, *Salvia pratensis*, etc., le sol fournit une teneur de 5, 2 p. 100 de chaux, tandis que plus bas, sur une pente plus inclinée, et où le calcimètre n'indique plus que 0,1 p. 100 de calcaire, apparaissent immédiatement les espèces calcifuges : *Sarothamnus Scoparius*, *Jasione montana*, *Deschampsia flexuosa*, *Pteris aquilina*. Le contraste est on ne peut plus frappant, on ne peut plus démonstratif!

Au lieu dit « la Pendeur » entre le Bas-du-Ris et le Chibrely d'Avrilly, le coteau est habituellement recouvert de broussailles impénétrables. Mais, au printemps dernier, une partie de ces broussailles ayant été coupées, il a été possible d'explorer en détail le flanc défriché, exposé au Nord-Est, et occupé surtout par le *Pteris aquilina* et quelques pieds du *Sarothamnus Scoparius*. A ce niveau la terre paraît complètement décalcifiée, tandis qu'au pied du coteau l'analyse accuse jusqu'à 30 p. 100 de chaux avec toute une colonie de plantes calcicoles : *Clematis Vitalba*, *Astragalus glycyphyllos*, *Lathyrus silvestris*, *Tamus communis*, etc. Nous avons été particulièrement frappés de retrouver à mi-flanc quelques-unes de ces plantes et surtout une quinzaine de pieds d'*Orchis purpurea*, à côté desquels la Fougère commune paraissait également vigoureuse. Nous avons donc procédé avec soin à l'analyse calcimétrique du sol, et les résultats fournis sont d'autant plus probants que les analyses dues à l'un de nous (E. CHATEAU) ont été confirmées par celles que M. BARRIER, avocat à Lyon, et propriétaire à Avrilly, a fait exécuter dans un laboratoire de Lyon. Six échantillons de terre ont été prélevés au niveau des bulbes d'*Orchis purpurea* à quelques centimètres seulement de profondeur. L'opération a été plus difficile en ce qui concerne *Pteris*

*aquilina*, pour laquelle il a fallu creuser des trous de 0 m. 50 à 0 m. 75 de profondeur afin d'atteindre les racines, autour desquelles ont été prélevés six autres échantillons de terre. Tous ces échantillons, d'apparence assez uniformes, ont été desséchés avec soin et passés au tamis de 10 fils au centimètre.

Les six échantillons de terre pris sur des points différents, près des racines de *Pteris aquilina*, n'ont révélé aucune trace de chaux appréciable.

Les six échantillons pris autour des bulbes et des racines d'*Orchis purpurea*, ont donné :

N° 1.	Calcaire	.....	6,20	p. 100.	} moyenne : 8,12 p. 100.
— 2.	—	.....	7,60	—	
— 3.	—	.....	8,60	—	
— 4.	—	.....	10,02	—	
— 5.	—	.....	9,12	—	
— 6.	—	.....	7,20	—	

En examinant le coteau très en pente, d'où vraisemblablement le nom de « La Pendeur », nous avons observé qu'à la station de l'*Orchis purpurea*, le terrain supérieur paraissait avoir glissé et avoir été arrêté dans sa chute par une dépression creusée dans les marnes argileuses et formant ainsi une poche ou couche superficielle, où la chaux se maintient encore en forte proportion.

Nous avons pu répéter des observations analogues avec le même *Orchis*, et dans les mêmes conditions, sur le flanc du ravin de Bonnant, près Avrilly, où il est associé à *Sanicula europæa*, *Symphytum tuberosum*, *Paris quadrifolia*, etc., et où la terre enlevée autour de ses racines donne 9,60 p. 100 au calcimètre. Sur un de ces points, un glissement du sol s'était également produit, et avait été enroché avec des pierres calcaires du Montet ou calcaire à gryphées.

Un peu plus loin, près du bassin d'Avrilly, on peut chaque année récolter le *Loroglossum hircinum*, dont nous n'avons constaté que cette unique station sur la rive gauche de la Loire, tandis qu'elle abonde dans les calcaires de Saint-Julien-de-Jonzy et de Sarry-en-Brionnais. Tout autour, l'indice calcimétrique du sol ne dépasse pas 2 p. 100, tandis que, sur le point habité par le *Loroglossum*, il atteint 17, 7 p. 100. Aussi cette Orchidée y est-

elle associée à d'autres espèces également calciphiles : *Astragalus Glycyphyllos*, *Lathyrus Aphaca*, *Cirsium eriophorum*, *Picris hieracioides*, *Origanum vulgare*, etc. Néanmoins, cette localisation nous paraissant extraordinaire, nous avons appris, en interrogeant les propriétaires voisins, qu'il y a une trentaine d'années un glissement considérable s'était produit là même où croît la colonie calcicole. Le canal fut obstrué, les terres débordèrent sur l'autre rive, et mirent à découvert, à une profondeur de cinq à six mètres, des marnes imperméables recouvertes d'une petite nappe d'eau qui avait causé le glissement. Pour éviter le retour de semblable accident, le service des Ponts et Chaussées fit remplir l'excavation avec des pierres du Montet, les mêmes qui sont employées à la fabrication de la chaux dans la région et qui contiennent 70 à 80 p. 100 de calcaire. Sur cet enrochement, on rejeta une partie de la terre provenant du glissement, puis également celle qui avait comblé le canal et qui provenait de la couche inférieure du sous-sol marneux. Il n'y a donc rien d'étonnant à ce que le terrain ainsi constitué renferme près de 18. p. 100 de calcaire, et permette la germination des graines ténues comme celles des Orchidées, disséminées au loin par les vents, et se développant là où elles trouvent un sol approprié, même accidentellement, à leur appétence édaphique calciphile. C'est donc ici la composition chimique du sol qui paraît être le véritable facteur édaphique déterminant, tandis que l'influence xérothermique, à laquelle on a fait jouer un si grand rôle dans l'explication des colonies disjointes de plantes calcicoles ou méridionales, était complètement hors de cause.

Aux environs même de Bourg-le-Comte, nous avons pu relever des observations non moins concluantes sur les colonies hétérocœniques à végétation mi-calciphile, mi-calcifuge, qui recouvrent les alluvions anciennes, au milieu des cailloutis dont la majeure partie sont des silex ou des débris de basalte que l'on extrait pour l'empierrement des routes.

Au Gras de Bourg-le-Comte, voici, par exemple, tout un carré nettement délimité, composé exclusivement de *Scleranthus perennis*, *Jasione montana*, *Anarrhinum bellidifolium*, *Rumex Acetosella*, etc., dans lequel le *Rumex Acetosella* domine et, par

sa coloration rougeâtre, forme tache sur le tapis végétal. Tout à côté un autre carré se montre formé d'espèces calciphiles : *Papaver Argemone*, *P. dubium*, *Helianthemum vulgare*, *Dianthus prolifer*, *Anthyllis Vulneraria*, *Coronilla varia*, *Potentilla verna*, *Euphorbia Cyparissias*, etc. Parfois même les deux groupes de plantes à appétence distincte ne sont même plus séparées. Elles croissent mélangées, formant de singuliers groupes bien faits pour faire mettre en doute, à un examen superficiel, l'influence chimique du sol sur la végétation. Ici encore l'emploi méthodique du calcimètre nous a nettement démontré combien ces apparences étaient trompeuses.

Nous avons, en effet, prélevé avec soin des échantillons de terre à des profondeurs variant de 0 m. 10 à 0 m. 75 autour des racines des différentes espèces de plantes et, constamment, nous avons noté que, sur les points occupés par un groupe d'espèces calcifuges, le sol ne contenait que 0, 2 à 0, 9 p. 100 de chaux, tandis qu'autour des racines des espèces calciphiles, l'indice calcimétrique variait de 6, 9, 10, et jusqu'à 13, 5 p. 100.

Nous avons alors opéré sur les points à végétation mélangée, particulièrement sur une colonie hétérocœnique composée d'espèces calcifuges : *Sinapis Cheiranthus*, *Scleranthus perennis*, *Anarrhinum bellidifolium*, *Rumex Acetosella* croissant en société avec les espèces calciphiles : *Helianthemum vulgare*, *Dianthus prolifer*, *Lathyrus hirsutus*, *Potentilla verna*, etc. Du même point sortaient à la fois : *Rumex Acetosella* et *Helianthemum vulgare*, *Scleranthus perennis* et *Lathyrus hirsutus*, etc. En procédant avec de minutieuses précautions, nous avons mis à nu les racines du *Rumex Acetosella* et de l'*Helianthemum vulgare*; nous avons remarqué que les racines de la première plante prenaient une direction opposée à celles de la seconde. Après avoir recueilli séparément, et avec tout le soin possible, la terre en contact avec les racines de l'une et de l'autre espèce, le calcimètre nous a révélé que le *Rumex Acetosella* poussait ses racines dans un point du sol n'ayant que 0, 7 p. 100 de chaux, c'est-à-dire une quantité presque nulle, tandis que l'*Helianthemum vulgare* avait les siennes dans une terre dosant 8,9 p. 100.

A la suite de ces expériences, nous comprenons mieux

combien A. BERNARD avait raison d'écrire : « Par un long usage du calcimètre, on arrive à trouver des différences étonnantes entre deux terres voisines, et parfois même entre deux terres prises au même point, à des profondeurs différentes; dans un même village, dans une même contrée, telle terre a été trouvée mille fois plus calcaire qu'une autre. Ailleurs encore, on trouvera des sols non calcaires remplis de pierres calcaires, et même, chose plus rare, que je n'ai rencontrée qu'une fois sur quelques milliers d'analyses, des terres calcaires ne donnant au lavage que des pierres non calcaires<sup>1</sup>. »

D'autres stations nous ont donné les mêmes résultats.

Plaine de la Berthaud, au lieu dit « le Cray » : Pliocène supérieur, niveau de Chagny, à cailloutis plus ou moins gros. ne produisant aucune effervescence par l'acide chlorhydrique, on trouve croissant côte à côte :

PLANTES CALCICOLES	PLANTES CALCIFUGES
<i>Papaver Argemone.</i>	<i>Scleranthus perennis.</i>
— <i>dubium.</i>	<i>Calluna vulgaris.</i>
<i>Dianthus prolifer</i> , etc.	<i>Rumex Acetosella.</i>
Chaux 3,7 p. 100.	Chaux 0,08 p. 100.

Aux Charnays de Céron, en descendant à Germanges :

PLANTES CALCICOLES	PLANTES CALCIFUGES
<i>Genista sagittalis.</i>	<i>Calluna vulgaris.</i>
<i>Sedum reflexum.</i>	<i>Digitalis purpurea.</i>
<i>Inula Conyza</i> , etc.	<i>Anarrhinum bellidifolium.</i>
Chaux : 5,2 p. 100.	Chaux : 0,09 p. 100.

Talus de la route de Bourg-le-Comte au Bouchaud, lieu dit « les Theulets » :

PLANTES CALCICOLES	PLANTES CALCIFUGES
<i>Helianthemum vulgare.</i>	<i>Sarothamnus Scoparius.</i>
<i>Sedum reflexum.</i>	<i>Calluna vulgaris.</i>
<i>Specularia Speculum.</i>	<i>Aira flexuosa.</i>
<i>Euphorbia Cyparissias</i> , etc.	<i>Danthonia decumbens</i> , etc.
Chaux : 3,8 p. 100.	Chaux : 0,07 p. 100.

1. A. BERNARD. Le calcaire, sa détermination et son rôle dans les terres arables, 1892, p. 36.

## Levée du canal, entre Bourg-le-Comte et Chambilly :

PLANTES CALCICOLES	PLANTES CALCIFUGES
<p><i>Papaver Argemone.</i>  <i>Erigeron acer.</i>  <i>Inula Conyza</i>, etc.            Chaux : 5,3 p. 100.</p>	<p><i>Calluna vulgaris.</i>  <i>Digitalis purpurea.</i>  <i>Aira flexuosa</i>, etc.            Chaux : 0,2 p. 100.</p>

Ces exemples, que nous aurions pu multiplier, suffisent pour démontrer l'importance, depuis longtemps, d'ailleurs, bien connue, de la chaux au point de vue de la distribution géographique des plantes suivant les terrains, et même de leur répartition topographique dans une station limitée, d'après la composition de chaque parcelle du sol, composition très variable, comme on a pu le voir, et qui permet de faire, pour ainsi dire, l'analyse de la terre par le simple aspect des plantes spontanées qui la recouvrent. La silice, qui entre, pour une forte proportion, dans les tissus de soutien de tous les végétaux, et qui existe dans tous les sols à divers états de pureté ou de combinaison, ne semble avoir qu'une valeur négative, par l'absence de la chaux, du moins de la chaux à l'état actif et assimilable, qui n'est pas toujours en rapport avec les données de la chimie analytique. Nous croyons donc que l'ancienne division des espèces végétales en *calcicoles* et *silicicoles* doit être remplacée par celle d'espèces *calcicoles* ou *calciphiles* et *calcifuges*. Quant aux espèces dites *indifférentes*, qui, pour certains auteurs, seraient même en majorité, et dont la présence sur des sols, en apparence divers, a été attribuée à l'influence physique du sol, par exemple à certains besoins de sécheresse et de chaleur, pour les espèces xérothermiques<sup>1</sup>, il semble, d'après les expériences

1. Voyez sur ce sujet : N. ALBOFF, La flore alpine des calcaires de la Transcaucasie occidentale (*Bull. herb. Boissier*, III (1875), p. 531). — Dr A. MAGNIN, Annotations et additions aux flores du Jura et du Lyonnais (*Mém. soc. ém. Doubs*, 6<sup>e</sup> série, IX (1894), p. 339). — F. BESTEL, De la terre végétale, sa formation, sa nature, ses rapports avec la végétation qu'elle supporte (*Bull. Soc. hist. nat. Ardennes*, III (1896), p. 44). — P. MALFAIT, Considérations générales sur la flore du départ. des Ardennes (*ibid.*, p. 20). — J.-A. CL. ROUX, Études géologiques sur les monts lyonnais, chap. III : Géologie appliquée à la botanique; le sol et les plantes spontanées, 1899, p. 164. — M. AUDIN, Essai sur la géographie botanique du Beaujolais, 1903, p. 103, etc.

relatées plus haut, que le nombre doit en être restreint, les recherches calcimétriques démontrant des appétences inattendues chez la plupart de ces végétaux.

On ne peut donc pas s'en tenir aux indications de la géologie pour établir la valeur calcimétrique des terres arables, le sous-sol ou terre vierge pouvant être très différent du sol ou terre arable, et, en fait, les cartes agronomiques concordent mal avec les cartes géologiques<sup>1</sup>. Nous avons dit en commençant, qu'un sous-sol à roche calcaire contenant 70 à 90 p. 100 de chaux, pouvait être surmonté d'un sol arable plus ou moins décalcifié. Il faut encore tenir compte de l'état physique, dont nous sommes loin de nier l'influence, de sa division mécanique, du degré de compacité ou d'ameublissement, de ténuité de la terre, laissant plus ou moins facilement passer l'eau ou circuler l'air; d'où il résulte que tous les terrains calcaires, contenant une même proportion de chaux, n'ont pas la même influence sur la végétation. D'après A. BERNARD, dans le département de Saône-et-Loire, la quantité de calcaire décroît avec la ténuité du sol, excepté dans les alluvions, où elle augmente, au contraire, avec la ténuité, ce qui explique peut-être la présence des nombreuses colonies de plantes calcicoles sur les alluvions de la Loire.

On a tenté, tout récemment, d'appliquer à l'étude des terres arables étalées en plaques minces de 0 mm. 01, la méthode lithologique, c'est-à-dire, leur examen au microscope polarisant, comme pour l'étude des roches. Il a été reconnu que les minéraux essentiels des roches se retrouvent dans le sol arable, non pas comme produits de décomposition, mais à l'état de simple désagrégation, en particules très fines, qui doivent se dissoudre peu à peu pour devenir assimilables et fertilisantes. Cette méthode est appelée à compléter l'analyse chimique et à rendre compte des éléments qui entrent dans le sol arable et lui donnent ses qualités, éléments souvent plus nombreux que l'analyse chimique ne le révèle<sup>2</sup>.

1. A. BERNARD, Géologie agricole et cartes agronomiques, 1896. — J. LAURENT, Les cartes agronomiques communales dans l'arrondiss. de Reims (*Bull. Soc. ét. sc. nat. Reims*, XIV (1905)).

2. A. DELAGE et H. LEGATU, Sur la constitution de la terre arable (*C. R. Ac. sc.*, t. CXXXIX, n° 24, 12 décembre 1904).

La chimie biologique est encore pleine de mystères dont nous ne faisons qu'entrevoir l'explication. L'état moléculaire des roches, de leurs éléments minéraux constituants, et, partant, des terres qui en procèdent, au lieu de l'immuabilité, ou tout au moins de la stabilité, qu'on leur attribuait, subissent des modifications lentes mais incessantes, qui en facilitent la désagrégation et la solubilité, les engagent dans de nouvelles combinaisons, et les amènent à l'état voulu pour leur assimilation par les plantes. C'est une conséquence de l'*activisme* cosmique, dont M. Stanislas MEUNIER a si brillamment substitué la conception à l'inertie, autrefois professée, de la matière minérale. On peut même dire qu'elle possède, sous son apparente rigidité, une grande mobilité moléculaire, une transformation incessante des espèces chimiques, sous l'influence de réactifs, d'effets électrolytiques, que nous sommes encore impuissants à apprécier, mais qui se réalisent sous l'action du système souterrain de la plante vivante. Les végétaux, par les sécrétions de leurs radicales, par les réactions chimiques des mycorhizes, dans certains cas, des microbes endogènes, ou exogènes, dans d'autres cas, acquièrent donc, pour chaque espèce, une électivité spéciale, qui lui permet de transformer les éléments du sol en substances assimilables et nutritives, de choisir et emmagasiner dans ses tissus ceux de ces éléments qui lui conviennent, souvent en dehors de toute proportion avec leur présence apparente dans le sol. M. GAGNAIRE et M. AUDIN l'ont constaté comme nous, dans leurs intéressantes recherches de phytostatique sur les colonies hétérotopiques du Beaujolais, où ils ont pu voir, à travers les fissures des porphyrites les plus dures, en suivant un trajet souvent très détourné, les radicales des plantes calciphiles jusqu'aux minces filons de calcite qui leur fournissaient l'élément cherché<sup>1</sup>. On a même vu les petites racines vivantes altérer le marbre lui-même et s'y incruster<sup>2</sup>.

Nous avons déjà insisté sur des faits analogues à propos de l'analyse des cendres de la grande Fougère, *Pteris aquilina* renfermant 12,2 p. 100 de chaux, bien qu'elle ait poussé dans

1. M. AUDIN, Observations phytostatiques sur les plantes calcaires du Beaujolais (*Bull. Assoc. fr. Bot.*, 1901, p. 257). — *Bull. Soc. sc. nat. ouest de la France*, IX (1899), p. 225).



un sol qui n'en contenait que 0,01 p. 100, dans les environs d'Autun, où le terrain est essentiellement siliceux. Le Lupin jaune, qui a la réputation d'être tout à fait calcifuge, et qui prospère surtout dans les terres acides, comme la terre de bruyère, renferme cependant, dans ses cendres, une notable quantité de chaux (DEHÉRAIN). Le Genêt à balai est dans le même cas et, dans les jachères, au lieu d'épuiser le sol, il en augmente la fertilité. A. BERNARD a dit, de son côté : « Toutes les plantes, même les plus calcifuges, renferment du calcaire dans leurs cendres. Ce sont même les plus calcifuges, qui, d'une façon générale, donnent le plus de chaux dans leurs cendres, preuve que les exigences des plantes ne sont point proportionnelles au poids des minéraux trouvés dans leurs cendres »<sup>1</sup>. Nous nous demandons, au contraire, si les plantes dites calcifuges, au point de vue géo-botanique, n'ont pas une appétence toute spéciale pour la chaux, dont elles arrivent, par les procédés délicats de leur chimie vivante, à absorber et à fixer dans leurs tissus les particules contenues dans le sol en quantité infinitésimale ou en combinaisons qui échappent aux analyses des laboratoires. Puis, en se décomposant après leur mort, elles restituent cet élément calcaire au sol arable qui s'en enrichit ainsi peu à peu et devient apte à nourrir des espèces plus exigeantes. Admirable et providentielle adaptation des forces synergiques de la nature !

Si nous croyons, d'après nos observations, que la chaux présente en géo-botanique une influence prépondérante, et qu'il y a lieu de conserver la nomenclature des espèces *calcicoles* et *calcifuges*, nous devons bien nous garder de méconnaître l'importance d'autres éléments chimiques du sol arable, indispensables également à la vie de la plante, mais pour le dosage desquels nous sommes moins bien renseignés et moins bien outillés, en particulier le phosphore, la potasse, la soude, la magnésie, etc. Tous les agronomes savent que la prédominance des Graminées indique, en général, la pauvreté du sol en potasse, tandis que les Légumineuses, Trèfle, Minette, Sainfoin, etc., le Tabac, la Pomme de terre, réussissent surtout dans les sols à la fois riches en chaux et en potasse. SCHLÆSSING a démontré que le Tabac ren-

1. A. BERNARD, Le calcaire, etc., p. 150.

ferme dans ses cendres, plus ou moins de potasse suivant les terrains, et brûle plus ou moins bien suivant la proportion de cette base ; de sorte qu'on pourrait, en fumant une pipe, reconnaître le sol qui a produit le tabac<sup>1</sup> ! La Digitale pourprée semble aussi appétente pour la potasse que répulsive de la chaux : c'est une espèce kaliphile en même temps que calcifuge ; d'où sa présence dans les terrains primitifs, où les roches renferment, dans leurs silicates constitutifs, un stock énorme de potasse, dont quelques millièmes en dissolution suffisent, d'après SCHLÆSSING, pour influencer la végétation. Les récentes analyses des terres ou limons par l'acide fluorhydrique ont permis à M. PROOST de déceler, dans des sols qui en paraissaient dépourvus, des quantités de potasse méconnues, et que, cependant, la présence de certaines plantes kaliphiles, en végétation exubérante, pouvaient faire soupçonner, en dehors de toute analyse chimique<sup>2</sup>. Il serait donc à désirer qu'on pût procéder à l'égard des différentes bases alcalino-terreuses du sol, et de leurs rapports avec les espèces végétales, avec autant de précision que pour la chaux, qui conserve, en attendant, toute sa valeur géo-phytique, surtout au point de vue de l'analyse physiologique ou analyse du sol par les plantes.

Après quelques observations, M. Lutz donne lecture de la communication suivante :

1. TH. SCHLÆSSING, *C. R. Ac. sc.*, mars et juin 1870 ; et Notice sur les travaux scientifiques de TH. SCHLÆSSING, 1882, p. 42.

2. Voyez, outre les auteurs déjà cités : PAUL SABATIER, *Leçons élémentaires de chimie agricole*. — CRIÉ, *Flore composée des terrains siliceux et calcaires de Sillé-le-Guillaume* (*Bull. Soc. agric. sc. et arts de la Sarthe*, 1878). — R. DE LA PERRAUDIÈRE, *L'analyse de la terre par les plantes spontanées* (*Bull. Soc. agric. sc. et arts, Angers*, 5<sup>e</sup> série, VII, 1906). — *Revue scientifique*, 24 février 1900, p. 247. — E. VAN DER BROCK, *L'analyse rationnelle des limons au point de vue agricole* (*Bull. Soc. belge de géol., paléontol. et hydrologie*, 2<sup>e</sup> série, XIV, 1900). — D<sup>r</sup> PETERMANN, *L'exploration chimique de la terre arable* (*Bull. Soc. belge géol., paléontol. et hydrologie*, 2<sup>e</sup> série, IV, 1900, p. 167).